

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-250802 61

(43)Date of publication of application : 27.09.1996

(51)Int.Cl. H01S 3/18

(21)Application number : 07-049729 (71)Applicant : FUJITSU LTD

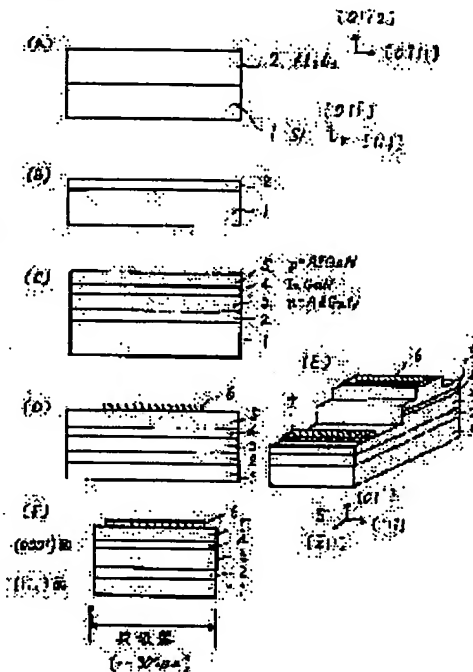
(22)Date of filing : 09.03.1995 (72)Inventor : KURAMATA AKITO

## (54) SEMICONDUCTOR LASER AND ITS MANUFACTURE

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To form a resonator by utilizing the cleavage plane of a gallium nitride material by forming the layered structure of a laser on a silicon substrate by using the gallium nitride material so that the cleavage plane of the gallium nitride material can become parallel to the cleavage plane of the silicon of the substrate.

**CONSTITUTION:** A (01-1)-face Si wafer 1 and (01-12)-face Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 23 wafer 2 are stuck together. Before the wafers 1 and 2 are firmly stuck together, the wafers 1 and 2 are temporarily stuck together so that the (111)-direction of Si and (0-111)direction of the Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> can become parallel with each other and the wafers are heat-treated so that the adhesion between the wafers 1 and 2 can be improved. Then, after the wafer 2 is polished, an n-type AlGaIn layer 3, InGaIn layer 4, and p-type AlGaIn layer 5 are successively grown on the wafer 2. Then a ridge is formed so that the (111)-direction of the Si can become parallel to the direction of stripes and p- and n-side electrodes 6 and 7 are formed. In addition, a resonator having cleavage planes is formed, because the end faces of the layers 3, 4, and 5 become the cleavage planes of AlGaIn and InGaIn which cleave along the (111)-face of Si.



特開平 8-250802

(43) 公開日 平成8年(1996)9月27日

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

H01S 3/18

H01S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数 6

OL

(全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平 7-49729

(22) 出願日 平成7年(1995)3月9日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

(72) 発明者 倉又 朗人

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 井桁 貞一

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ及びその製造方法

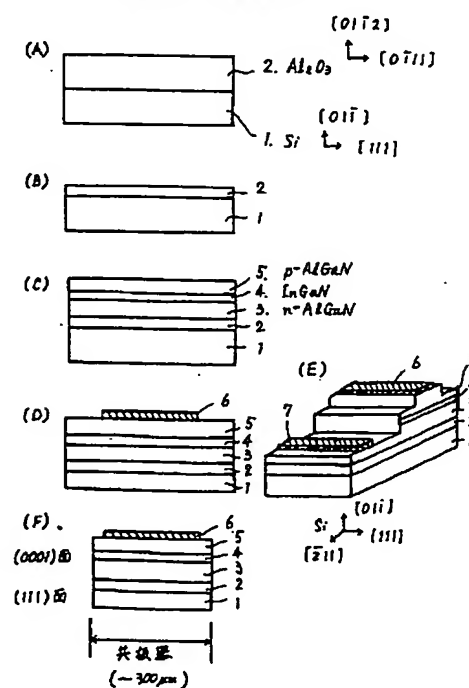
(57) 【要約】

【目的】 GaN 系のレーザにおいて、共振器端面を容易に劈開する。

【構成】 1) Si ウェーハ上にサファイア ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 層が形成された基板上に、GaN 系材料でレーザの層構造が形成され、シリコンの劈開面と GaN 系材料の劈開面が平行であり、GaN 系材料の劈開面により共振器が形成されている半導体レーザ、

2) Si 単結晶ウェーハ上にサファイア ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ウェーハを接着し、サファイアウェーハを薄膜化してその上に GaN 系材料でレーザの層構造を形成し、劈開により共振器の端面を形成するに際し、Si の劈開面と GaN 系材料の劈開面が平行になるように、Si ウェーハ面の面方位、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  ウェーハ面の面方位及び前記接着時の両ウェーハの結晶方位関係が決められている半導体レーザの製造方法。

実施例の説明図



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 シリコン(Si) ウェーハ上にサファイア( $Al_2O_3$ ) 層が形成された基板上に、窒化ガリウム系(GaN) 材料でレーザの層構造が形成され、シリコンの劈開面と窒化ガリウム系材料の劈開面が平行であり、窒化ガリウム系材料の劈開面により共振器が形成されていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項 2】 シリコン(Si) 単結晶ウェーハ上にサファイア( $Al_2O_3$ ) ウェーハを接着し、サファイアウェーハを薄膜化してその上に窒化ガリウム(GaN) 系材料でレーザの層構造を形成し、劈開により共振器の端面を形成するに際し、シリコンの劈開面と窒化ガリウム系材料の劈開面が平行になるように、シリコンウェーハ面の面方位、サファイアウェーハ面の面方位及び前記接着時の両ウェーハの結晶方位関係が決められていることを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項 3】 前記シリコンウェーハ面がシリコンの劈開面である(111) 面と垂直な面であり、サファイアウェーハ面が(0001) 面であって、シリコンウェーハとサファイアウェーハの結晶方位関係がシリコンの[111] 方向とサファイアの[01-10] 方向が平行となる関係にあり、窒化ガリウム系材料の(2-1-10) 面を共振器として用いることを特徴とする請求項 2 記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項 4】 前記シリコンウェーハ面がシリコンの劈開面である(111) 面と垂直な面であり、サファイアウェーハ面が(0001) 面であって、シリコンウェーハとサファイアウェーハの結晶方位関係がシリコンの[111] 方向とサファイアの[-2110] 方向が平行となる関係にあり、窒化ガリウム系材料の(01-10) 面を共振器として用いることを特徴とする請求項 2 記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項 5】 前記シリコンウェーハ面がシリコンの劈開面である(111) 面と垂直な面であり、サファイアウェーハ面が(01-12) 面であって、シリコンウェーハとサファイアウェーハの結晶方位関係がシリコンの[111] 方向とサファイアの[-2110] 方向が平行となる関係にあり、窒化ガリウム系材料の(01-10) 面を共振器として用いることを特徴とする請求項 2 記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項 6】 前記シリコンウェーハ面がシリコンの劈開面である(111) 面と垂直な面であり、サファイアウェーハ面が(01-12) 面であって、シリコンウェーハとサファイアウェーハの結晶方位関係がシリコンの[111] 方向とサファイアの[0-111] 方向が平行となる関係にあり、窒化ガリウム系材料の(0001) 面を共振器として用いることを特徴とする請求項 2 記載の半導体レーザの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は窒化ガリウム(GaN) 系の材料( $Al_x Ga_{1-x} N$ ,  $In_x Ga_{1-x} N$  等のGaNをベースにした結晶系) を用いた青色から紫外域に発光波長を有する短波長半導体レーザ及びその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 GaN 系の材料は、近年これを用いた高輝度の発光ダイオード(LED) が実現されたのを契機として、研究開発が盛んにおこなわれている。

【0003】 LED を作製する場合の結晶成長の基板としてはサファイア( $Al_2O_3$ ) の単結晶が用いられ、この基板を用いて有機金属気相成長(MOVPE) 法によりGaN 系の材料の結晶成長をおこなうことにより、 $Al_2O_3$  とGaN との間に約16%と非常に大きな格子不整があるにもかかわらず、高品種のGaN エピタキシャル結晶を得ることが可能となっている。

【0004】 半導体レーザを作製しようとする場合は、エピタキシャル膜の層構造としてはLED の場合と同様にダブルヘテロ構造を採用し、これに追加して光の共振器をつくる必要がある。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 通常のレーザでは、劈開により得られた面を共振器の端面としているが、 $Al_2O_3$  単結晶基板には劈開性がないため共振器を作製することは困難である。

【0006】 本発明は、GaN 系のレーザにおいて、劈開により容易に共振器を作製できるようにすることを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 上記課題の解決は、

1) シリコン(Si) ウェーハ上にサファイア( $Al_2O_3$ ) 層が形成された基板上に、窒化ガリウム(GaN) 系材料でレーザの層構造が形成され、シリコンの劈開面と窒化ガリウム系材料の劈開面が平行であり、窒化ガリウム系材料の劈開面により共振器が形成されている半導体レーザ、あるいは

2) シリコン(Si) 単結晶ウェーハ上にサファイア( $Al_2O_3$ ) ウェーハを接着し、サファイアウェーハを薄膜化してその上に窒化ガリウム(GaN) 系材料でレーザの層構造を形成し、劈開により共振器の端面を形成するに際し、シリコンの劈開面と窒化ガリウム系材料の劈開面が平行になるように、シリコンウェーハ面の面方位、サファイアウェーハ面の面方位及び前記接着時の両ウェーハの結晶方位関係が決められている半導体レーザの製造方法、あるいは

3) 前記シリコンウェーハ面がシリコンの劈開面である(111) 面と垂直な面であり、サファイアウェーハ面が(0001) 面であって、シリコンウェーハとサファイアウェーハの結晶方位関係がシリコンの[111] 方向とサファイアの[01-10] 方向が平行となる関係にあり、窒化ガリウム系材料の(2-1-10) 面を共振器として用いる前記 2 記載の

半導体レーザの製造方法、あるいは

4) 前記シリコンウェーハ面がシリコンの劈開面である(111)面と垂直な面であり、サファイアウェーハ面が(0001)面であって、シリコンウェーハとサファイアウェーハの結晶方位関係がシリコンの[111]方向とサファイアの[-2110]方向が平行となる関係にあり、窒化ガリウム系材料の(01-10)面を共振器として用いる前記2記載の半導体レーザの製造方法。

5) 前記シリコンウェーハ面がシリコンの劈開面である(111)面と垂直な面であり、サファイアウェーハ面が(01-12)面であって、シリコンウェーハとサファイアウェーハの結晶方位関係がシリコンの[111]方向とサファイアの[-2110]方向が平行となる関係にあり、窒化ガリウム系材料の(01-10)面を共振器として用いる前記2記載の半導体レーザの製造方法、あるいは

6) 前記シリコンウェーハ面がシリコンの劈開面である(111)面と垂直な面であり、サファイアウェーハ面が(01-12)面であって、シリコンウェーハとサファイアウェーハの結晶方位関係がシリコンの[111]方向とサファイアの[0-111]方向が平行となる関係にあり、窒化ガリウム系材料の(0001)面を共振器として用いる前記2記載の半導体レーザの製造方法により達成される。

#### 【0008】

【作用】本発明では、劈開性のあるシリコン単結晶ウェーハ上に $Al_2O_3$ ウェーハを接着し、 $Al_2O_3$ ウェーハを研磨して $10\mu m$ 程度の厚さまで薄くし、その上にGaN系の材料のエピタキシャル多層膜によるレーザ構造をMOVPE法により成長し、蒸着法等により電極を形成した後、劈開により共振器を作製する。この際の特徴を示す要点は以下の通りである。

① シリコンウェーハの面方位が劈開面である(111)面と垂直な面、例えば、(01-1)面や(-211)面を用いること。

② エピタキシャル成長されたGaNの結晶方位は下地の $Al_2O_3$ ウェーハ面の面方位によって決定されるため、シリコンウェーハの劈開面である(111)面とエピタキシャル成長されたGaN系結晶の劈開面が平行になるように $Al_2O_3$ ウェーハの面方位及びウェーハ接着時のシリコンウェーハと $Al_2O_3$ ウェーハの結晶方位関係を調整する。すなわち、GaNの劈開面は(0001)面、(01-10)面、(2-1-10)面の3つであり、このうちのいずれかがシリコンの(111)面と平行になるようにする。

【0009】注：電子出願では、面指数は通常の表記が使えないため、通常数字の上に付している - 記号は数字の前に付す。

このようにシリコンの劈開面とGaNの劈開面を平行にすることにより、シリコンの劈開性を利用してGaN系結晶のきれいな劈開面を容易に得ることができ、これを用いてレーザの共振器を作製できる。この際には、 $Al_2O_3$ ウェーハが $10\mu m$ 程度と薄いため劈開の妨げにはならな

い。

#### 【0010】

【実施例】以下に本発明の実施例を説明する。シリコンウェーハ面は(01-1)面を例にとって説明するが、劈開面である(111)面と垂直な面であれば他の面を用いてもよい。すなわち、(-211)面、(-321)面、(-541)面等やこれらの面の中に位置する高指数面を用いることができる。

【0011】シリコンウェーハと $Al_2O_3$ ウェーハの接着時の結晶方位関係は以下のように決める。ここでは、 $Al_2O_3$ ウェーハの面が(0001)面及び(01-12)面の場合について説明するが、他の面を用いる場合でも、 $Al_2O_3$ とGaNエピタキシャル膜の結晶方位関係がわかっておれば同様の方法によりウェーハ接着時の面方位を決めることができる。

【0012】実施例1： $Al_2O_3$ ウェーハの面に(0001)面を用いる場合

$Al_2O_3$ ウェーハの面上に(0001)面をGaN結晶を成長した場合は、GaNの(0001)面が成長する。GaNの(0001)面に垂直な劈開面は(2-1-10)と(01-10)面であり、下地の $Al_2O_3$ との結晶方位関係は以下の通りである。

【0013】[2-1-10] GaN // [01-10]  $Al_2O_3$

[01-10] GaN // [-2110]  $Al_2O_3$

したがって、シリコン(Si)ウェーハと $Al_2O_3$ ウェーハとの接着時の結晶方位関係を、

[01-10]  $Al_2O_3$  // [111] Si

とすれば、GaNの[2-1-10]面がSiの劈開面と平行になり、この劈開面を共振器の端面として用いることができる。

【0014】また、Siウェーハと $Al_2O_3$ ウェーハとの接着時の結晶方位関係を、

[-2110]  $Al_2O_3$  // [111] Si

とすれば、GaNの[01-10]面がSiの劈開面と平行になり、この劈開面を共振器の端面として用いることができる。

【0015】実施例2： $Al_2O_3$ ウェーハの面に(01-12)面を用いる場合

$Al_2O_3$ ウェーハの(01-12)面上にGaN結晶を成長した場合は、GaNの(2-1-10)面が成長する。GaNの(2-1-10)面に垂直な劈開面は(0001)と(01-10)面であり、下地の $Al_2O_3$ との結晶方位関係は以下の通りである。

【0016】[0001] GaN // [0-111]  $Al_2O_3$

[01-10] GaN // [-2110]  $Al_2O_3$

したがって、Siウェーハと $Al_2O_3$ ウェーハとの接着時の結晶方位関係を、

[0-111]  $Al_2O_3$  // [111] Si

とすれば、GaNの[0001]面がSiの劈開面と平行になり、この劈開面を共振器の端面として用いることができる。

【0017】また、Siウェーハと $Al_2O_3$ ウェーハとの接着時の結晶方位関係を、

[-2110]  $\text{Al}_2\text{O}_3$  // [111] Si

とすれば、GaNの[01-10]面がSiの劈開面と平行になり、この劈開面を共振器の端面として用いることができる。

【0018】次に、本発明のレーザの実施例をその製造方法とともに図1を用いて説明する。Siウェーハ面としては(01-1)面を、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ウェーハ面として(01-12)面を用いてGaNの(0001)面を共振器の端面として利用する場合について述べるが、他の面についても同様の手順で作製できる。

【0019】図1(A)において、厚さ400 $\mu\text{m}$ の(01-1)面のSiウェーハ1と、厚さ400 $\mu\text{m}$ の(01-12)面の $\text{Al}_2\text{O}_3$ ウェーハ2を接着する。この時、Siの[111]方向と $\text{Al}_2\text{O}_3$ の[0-111]方向が平行になるようにする。

【0020】また、この際の接着は、例えば、次のようにおこなう。鏡面研磨された $\text{Al}_2\text{O}_3$ ウェーハと、同じく鏡面研磨されたSiウェーハを室温で重ね合わせ、ウェーハの端をピンセット等で軽く押すとファンデアワールス力による接着領域がウェーハ全面に広がり、相当にしつかりと仮接着された状態になる。

【0021】次いで、仮接着されたウェーハを400~1000 $^{\circ}\text{C}$ の温度で熱処理することにより、ファンデアワールス力により接着された界面で化学反応が起こり、原子レベルでの強固な接着状態に変わる。

【0022】図1(B)において、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ウェーハ2を厚さ10 $\mu\text{m}$ まで研磨する。図1(C)において、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ウェーハ2上に厚さ5 $\mu\text{m}$ のn型(n-)AlGaIn層3、厚さ0.2 $\mu\text{m}$ のInGaIn層4、厚さ2 $\mu\text{m}$ のp型(p-)AlGaIn層5をMOVPE法によりこの順にエピタキシャル成長する。成長膜のAlGaInとInGaInの表面は(2-1-10)面となる。

【0023】図1(D)、(E)において、Siの[111]方向がストライプ方向となるようにリッジを形成し、p側電極6及びn側電極7を形成する。図1(F)において、Siの(111)面で劈開をおこない、長さ300 $\mu\text{m}$ の共振器を形成する。この時、AlGaInとInGaInの端面は劈開面である(0001)面となるため、きれいな劈開面を持つ共振器を作製できる。

【0024】次に、他の面関係を使用する場合について述べる。

① 前記シリコンウェーハ面がシリコンの劈開面である

(111)面と垂直な面であり、サファイアウェーハ面が(0001)面であって、シリコンウェーハとサファイアウェーハの結晶方位関係がシリコンの[111]方向とサファイアの[01-10]方向が平行となる関係にあり、窒化ガリウム系材料の(2-1-10)面を共振器として用いる(請求項3対応)。

② 前記シリコンウェーハ面がシリコンの劈開面である(111)面と垂直な面であり、サファイアウェーハ面が(0001)面であって、シリコンウェーハとサファイアウェーハの結晶方位関係がシリコンの[111]方向とサファイアの[-2110]方向が平行となる関係にあり、窒化ガリウム系材料の(01-10)面を共振器として用いる(請求項4対応)。

⑤ 前記シリコンウェーハ面がシリコンの劈開面である(111)面と垂直な面であり、サファイアウェーハ面が(01-12)面であって、シリコンウェーハとサファイアウェーハの結晶方位関係がシリコンの[111]方向とサファイアの[-2110]方向が平行となる関係にあり、窒化ガリウム系材料の(01-10)面を共振器として用いる(請求項5対応)。

【0025】実施例では、リッジ型レーザについて説明したが、埋込型レーザ等他の構造にレーザに対しても同様な方法で共振器を作製できる。また、エピタキシャル層の構造もAlGaIn/InGaIn/AlGaInのダブルヘテロ構造に限らず、歪多重量子井戸(MQW)等のさらに複雑な構造のレーザにも本発明は適用可能である。

【0026】

【発明の効果】本発明により、GaN系のレーザにおいて、容易に得られる劈開面を用いて共振器を作製できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施例の説明図

【符号の説明】

- 1 シリコン(Si)基板
- 2 サファイア( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )基板
- 3 n-AlGaIn層
- 4 InGaIn層
- 5 p-AlGaIn層
- 6 p側電極
- 7 n側電極

【図1】

## 実施例の説明図

